FIRST QUANTUM MINERALS

Cobre Panamá

Reporte Semestral de Geotecnia- ESIA CAT III
Diciembre 2023- Mayo 2024

GEOTECNIA

Monitoreo

Como parte del Plan Inicial para la Preservación y Gestión Segura, del proyecto Cobre Panamá, se desarrolla el monitoreo geotécnico, con la finalidad de velar por la estabilidad física del tajo Botija.

Se cuenta en sitio con los siguientes sistemas principales de monitoreo:

- **Radar IBIS ArcSAR Performance, de la empresa IDS:** radar de Apertura Sintética (SAR), con capacidad de monitoreo en 360 grados, a 5 kilómetros de distancia. Los datos son recopilados en 2D (rango y azimut) y el algoritmo del radar realiza el cálculo de elevación. Sistema ideal para recopilación de datos a largo plazo y alarmas de desplazamiento en tiempo real 24 horas, 7 días a la semana. De acuerdo a las velocidades de desplazamiento de paredes del tajo, reportadas por el radar, se puede poner en marcha, el Plan de Respuesta de Emergencia en el tajo.
- **Geomos:** sistema de monitoreo convencional con estaciones robóticas automatizadas, que toman datos de prismas instalados en todo el tajo Botija. Estos datos permiten obtener los vectores de desplazamiento en 3D y entender los mecanismos de fallas del Tajo Botija.
- **Sistema de piezómetros de cuerda vibrante, de la empresa RST:** utilizado para la medición de presión de poro y elevaciones de agua de lluvia, infiltrada en la roca.

Geo Radar

El radar detectó tres sectores del Tajo Botija, con desplazamiento en los últimos seis meses: Falla Botija en la pared Suroeste, zona de monitoreo geotécnico en pared Suroeste, del 0m RL al -45m RL (contrafuerte), pared Este del tajo Botija.

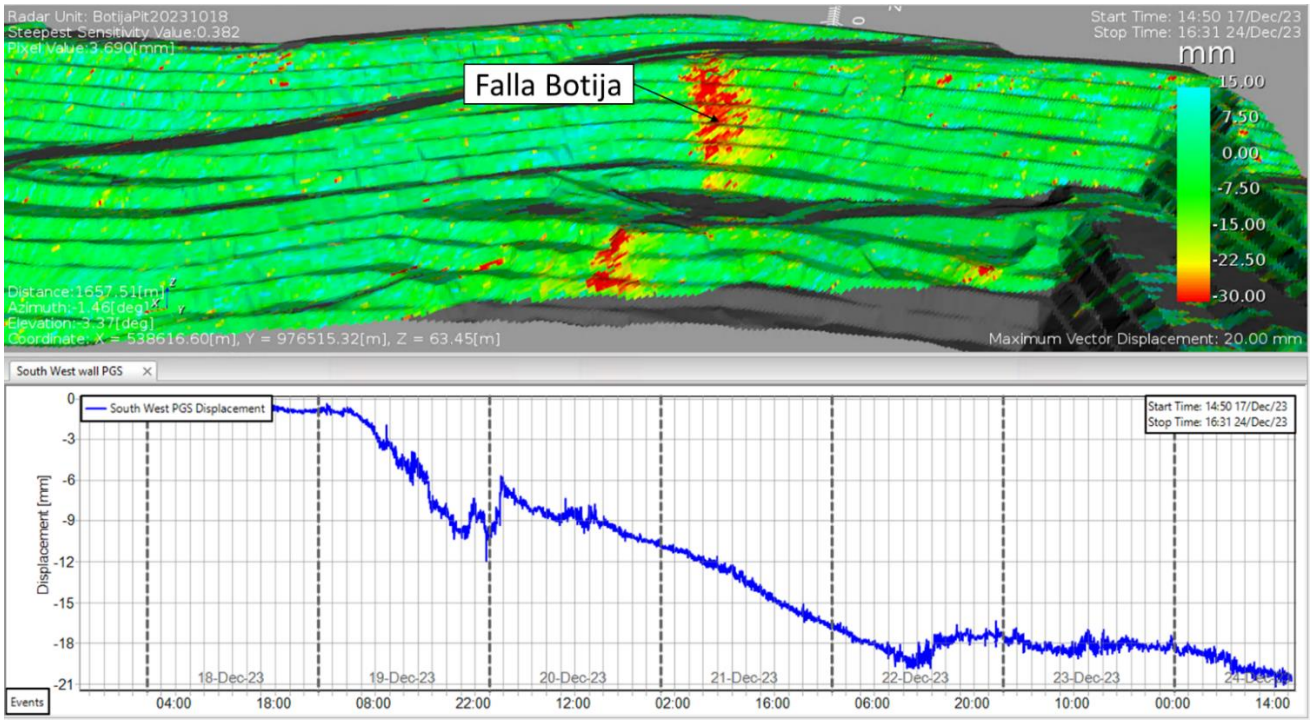
- Falla Botija, pared Suroeste: el 18 de diciembre de 2023, se reportó el aumento de la elevación de agua, en las instalaciones de la Poza de Sedimentación 2. Se detectó un aumento en la velocidad de desplazamiento de la zona. La gráfica de desplazamiento acumulado en la zona de Falla Botija, muestra una tendencia progresiva el día 19 de diciembre, con 10 milímetros de desplazamiento acumulado, con velocidad máxima de 40mm/hr. El desplazamiento desaceleró desde el 19 diciembre y la zona se estabilizó. El 20 de diciembre se presentó una segunda aceleración, con 10 milímetros de desplazamiento acumulado.

  Se tomó la medida correctiva de limitar la elevación de agua, en la Poza de Sedimentación 2, a 105.5 mRL. Una vez pasado este límite, deben activarse los equipos de bombeo.

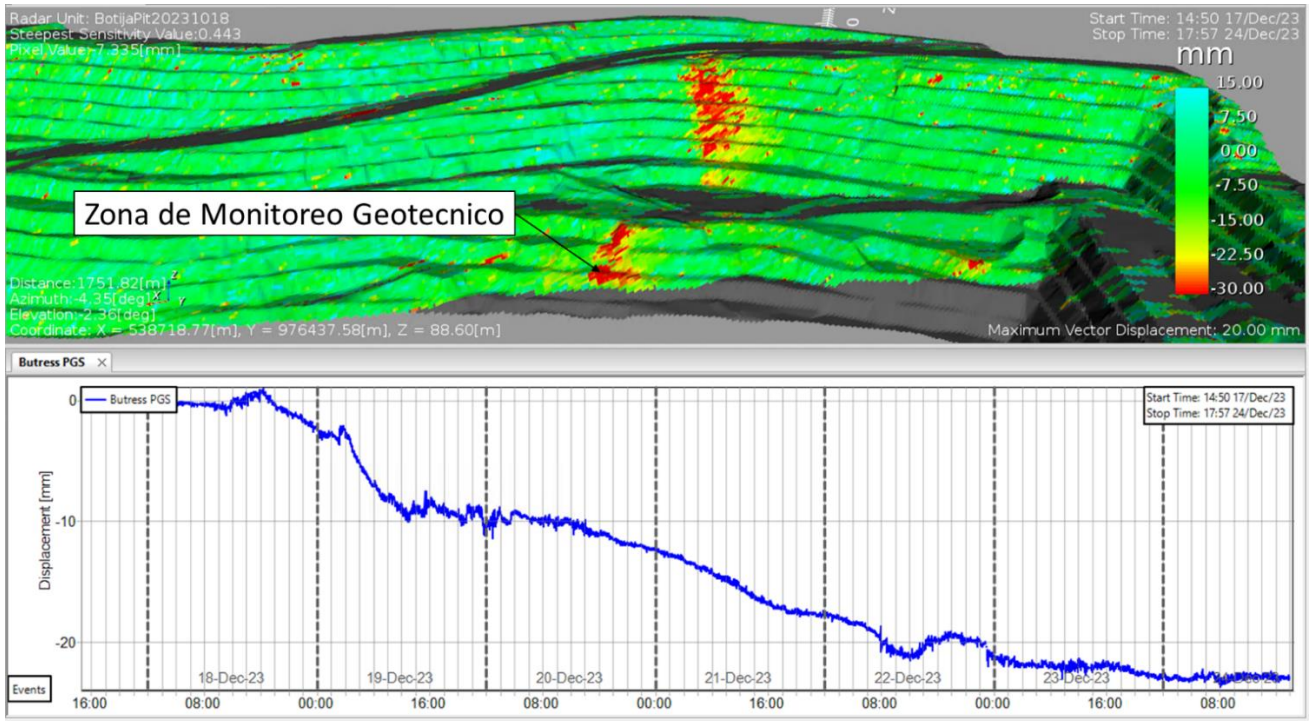
  A partir de la implementación de la acción correctiva, no se observaron desplazamientos considerables en la zona de Falla Botija y ha mantenido una condición estable.

- Zona de monitoreo geotécnico en pared Suroeste, del 0m RL al -45m RL: similar a la zona de Falla Botija, el máximo desplazamiento reportado en el semestre, se desarrolló a partir del 18 de diciembre, por el evento de elevación de nivel de agua en la Poza de Sedimentación 2. Se reportó un desplazamiento

acumulado de 23 milímetros durante el evento. Con la implementación del límite para elevación de agua, en la Poza de Sedimentación 2, se estabilizó la zona, sin alarmas activas a la fecha.



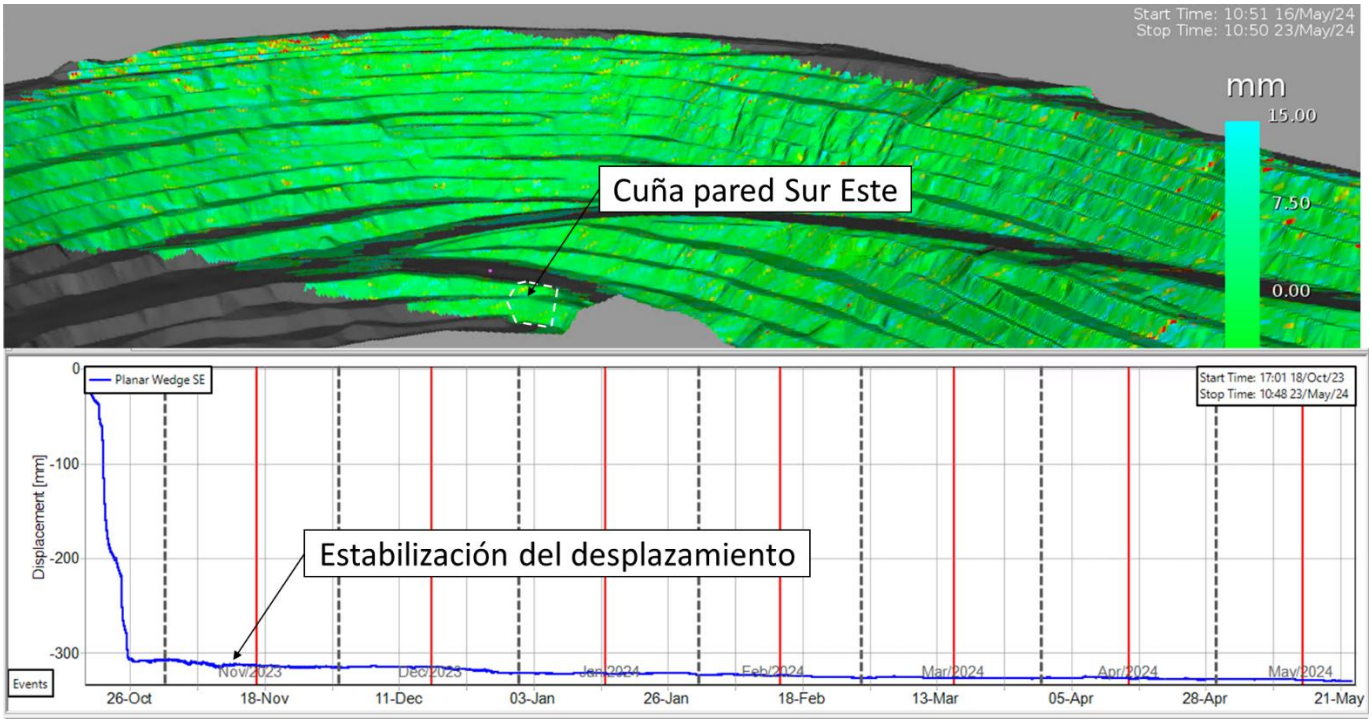
Mapa de desplazamiento de la zona de Falla Botija. La Gráfica de desplazamiento, muestra una tendencia progresiva el 19 y 22 de diciembre, a causa de aumentos de nivel en Sed Pond 2.



Mapa de desplazamiento de la Zona de Monitoreo Geotécnico. Desplazamiento acumulado de 23 milímetros, causado por evento de aumento de nivel de agua en Poza de Sedimentación 2.

- Zona de Monitoreo Geotécnico, Pared Este: durante el último semestre, no se identificó desplazamiento significativo en la zona.

  La sección Sureste de la pared, del banco -30m RL al -60mRL, permanece delimitada con conos azules, para indicar la presencia de grietas en tensión, abiertas desde la cresta, hasta la pata y por la presencia de falla tipo cuña planar. La medida de adoptó, a causa del desplazamiento detectado con el radar, desde el 18 de Octubre de 2023 al 1 de noviembre de 2023, con un acumulado de 370 milímetros. La estabilización de la zona, se atribuye la ausencia de vibraciones por voladuras y tránsito de equipos pesados. Se mantiene el monitoreo en la zona.



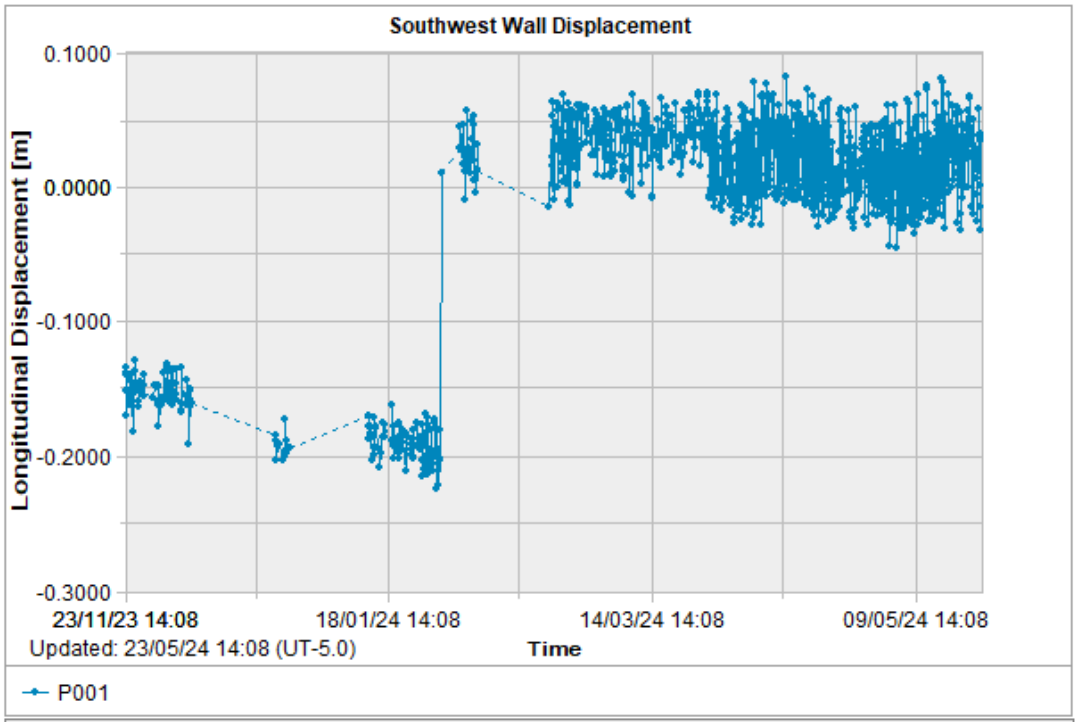
Mapa de desplazamiento de la zona Este del tajo Botija, del 16 al 23 de mayo de 2024, mostrando zona en condición estable. Gráfica de desplazamiento acumulado, muestra estabilización desde noviembre de 2023.

Geomos

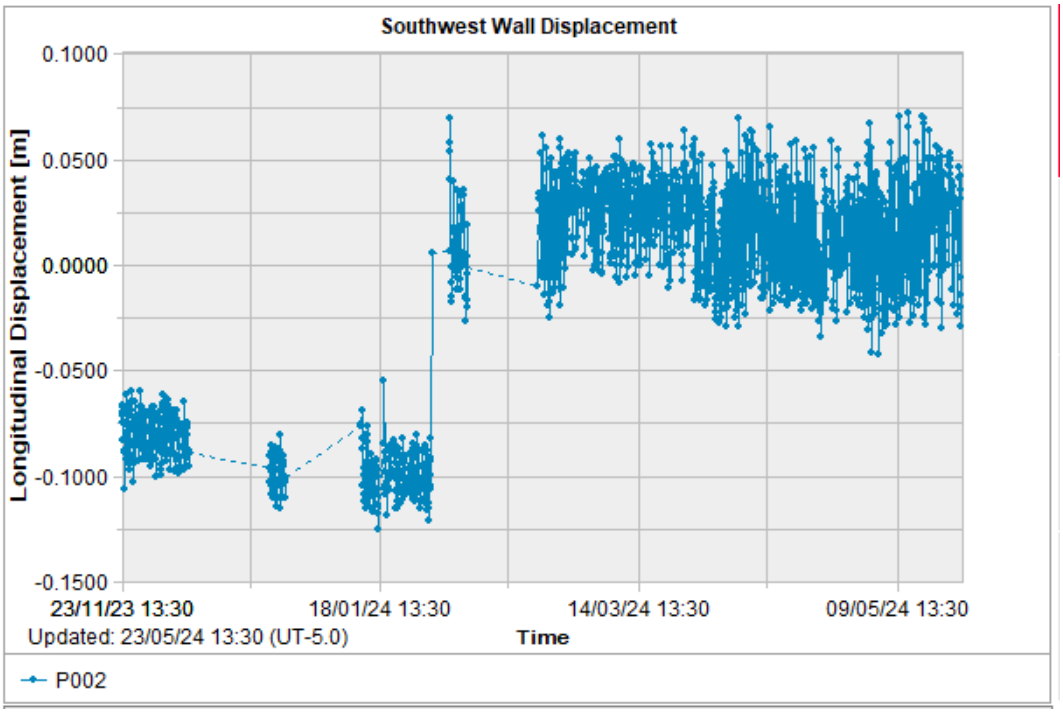
El sistema Geomos, consiste en dos estaciones robóticas automatizadas, TM60, ubicadas en la cresta de la pared Oeste y Norte. Las estaciones escanean prismas colocados en todo el Tajo Botija, cada dos bancos (30 metros). Los datos se recolectan cada hora y son enviados a través de conexión de red. Los datos se pueden visualizar en la aplicación Geomos Now.

La data de los prismas P001 y P002, ubicados en la zona de la Falla Botija, muestra incremento en el desplazamiento acumulado, durante el evento de elevación de nivel de agua en la Poza de Sedimentación 2. Esta tendencia progresiva continuó hasta finales de enero de 2024, con desplazamientos acumulados totales de 120.5 milímetros (P002) y 230 milímetros (P001), con vectores de movimiento, orientados en dirección Noreste. A partir de esta fecha, se observa estabilización de los prismas.

La data obtenida con el sistema Geomos, coincide con los datos mostrados por el radar IBIS, en la zona de Falla Botija.



Gráfica de desplazamiento longitudinal acumulado, prisma P001. 230 milímetros de desplazamiento acumulado, previo a la estabilización.



Gráfica de desplazamiento longitudinal acumulado, prisma P002. 120.5 milímetros de desplazamiento acumulado, previo a la estabilización.

Sistema de Piezómetros RST

El sitio está formado por rocas cristalinas de baja porosidad. Las zonas de fallas geológicas y las fracturas de la roca, producen retención de agua filtrada en el lecho de roca.

Análisis geotécnicos han demostrado que los taludes del tajo Botija, son sensibles a las variaciones de la presión de poro.

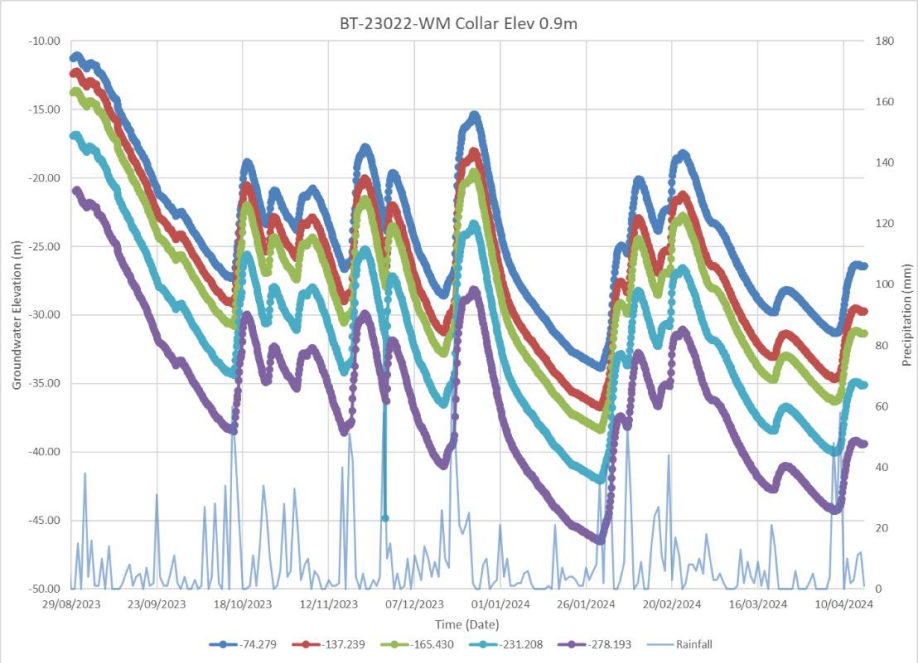
Se cuenta en sitio, con una red de piezómetros de cuerda vibrante, de la empresa RST, con el objetivo de monitorear presión de poro y nivel de agua en cada sensor.

Piezómetros activos en Tajo Botija, área de desarrollo de trituradoras primarias para Tajo Colina y Acopio de Material Estéril Botija Sur.

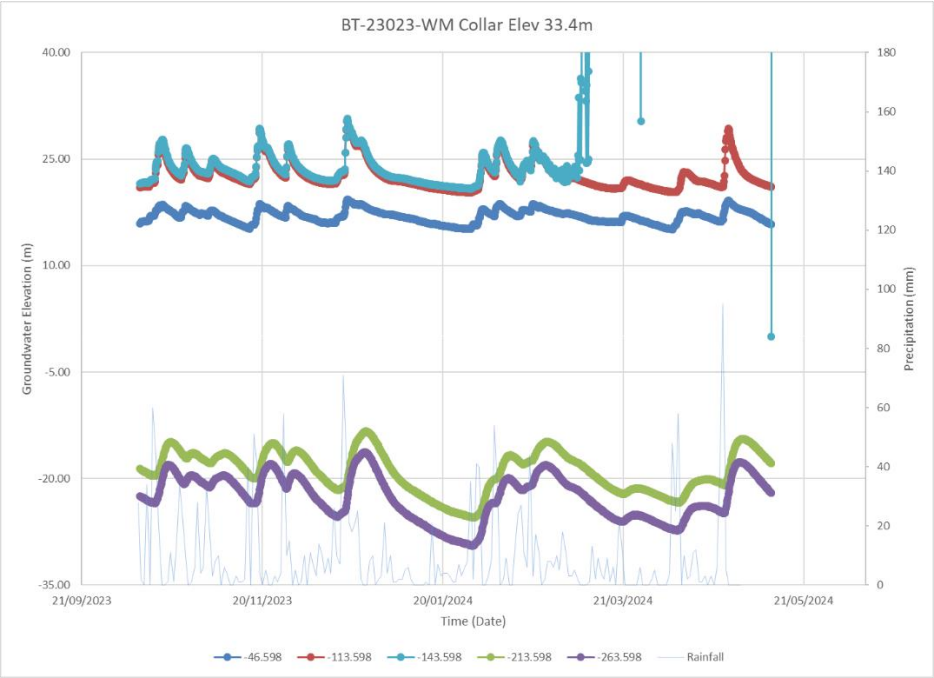
Analizando los resultados del sensor BT-23022, instalado en la zona de monitoreo geotécnico en pared Suroeste, del 0m RL al -45m RL (contrafuerte), se observan periodos con rápido incremento en la presión de poro, debido a filtración de agua, proveniente de la poza de sedimentación 2, escorrentía superficial excesiva y filtración de agua proveniente del área de las trituradoras primarias.

El sensor BT-23022, respondió al evento ocurrido en la poza de sedimentación 2, en diciembre de 2023. Se ve en la gráfica de elevación de agua, el incremento en los 5 sensores del piezómetro. Esto comprueba que todos los instrumentos de monitoreo, detectaron el efecto de la presión de poro, en la estabilidad de la pared Sur Oeste.

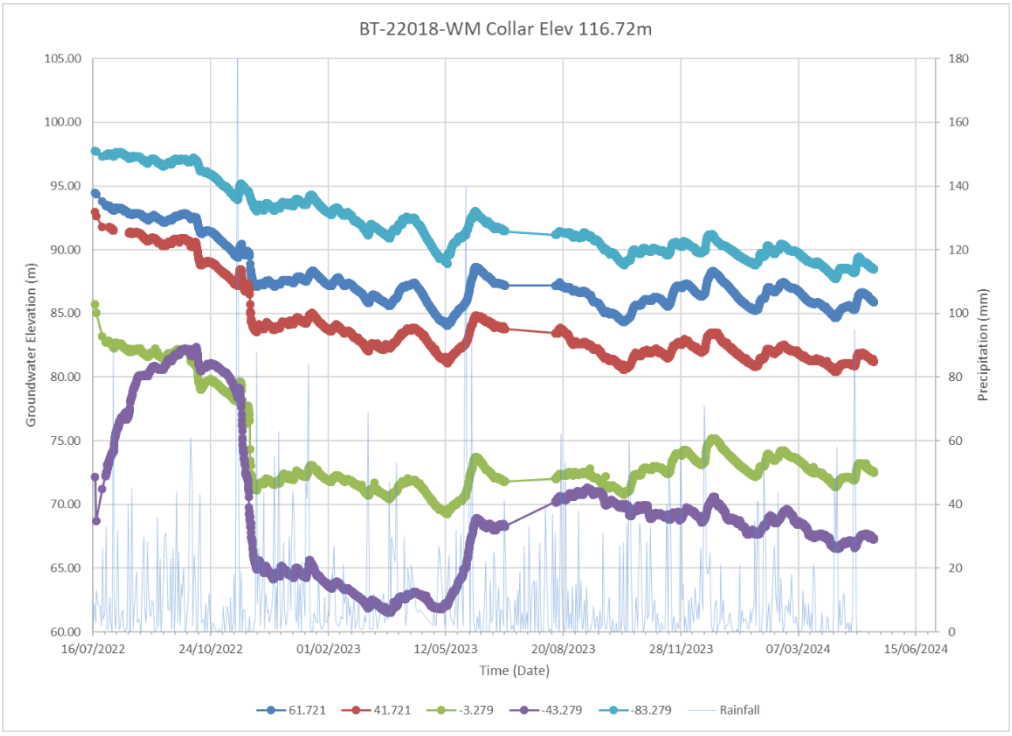
Por su parte, los sensores BT-23023 y BT-22018, ubicados en zonas más alejadas de la Falla Botija, han presentado variaciones mínimas en la presión de poro, desde el momento de instalación.



Gráfica de elevación de agua, sensor BT-23022. Se muestran periodos con rápidos incrementos en la presión de poro, debido a escorrentía superficial, y filtración de agua de la poza de sedimentación 2.



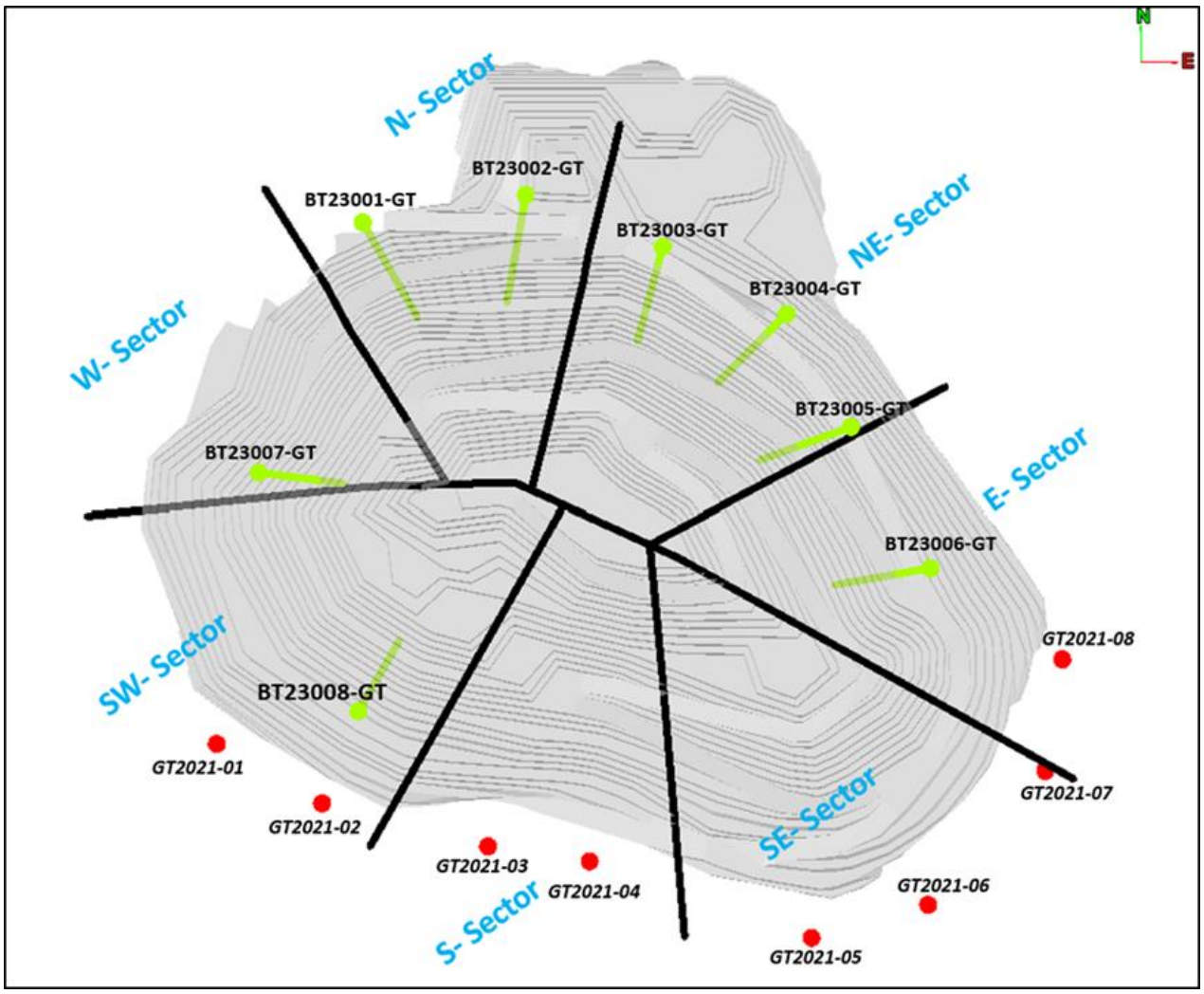
Gráfica de elevación de agua, sensor BT-23023. Variaciones mínimas en la presión de poro.



Gráfica de elevación de agua, sensor BT-22018. Variaciones mínimas en la presión de poro. Sensor en la elevación -43.279, presenta respuesta en periodos de lluvias intensas.

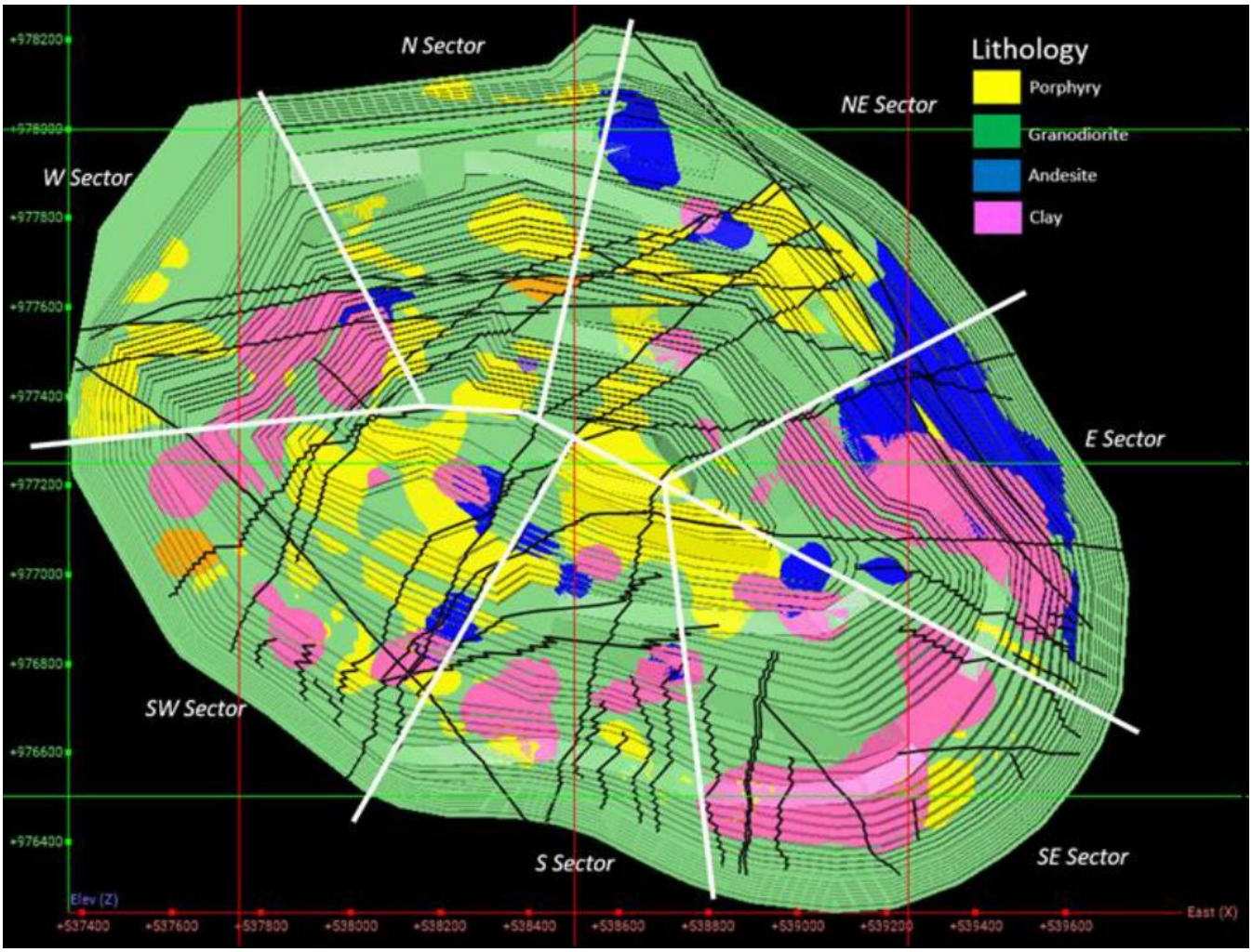
ANEXOS

Sectores Geotécnicos Tajo Botija



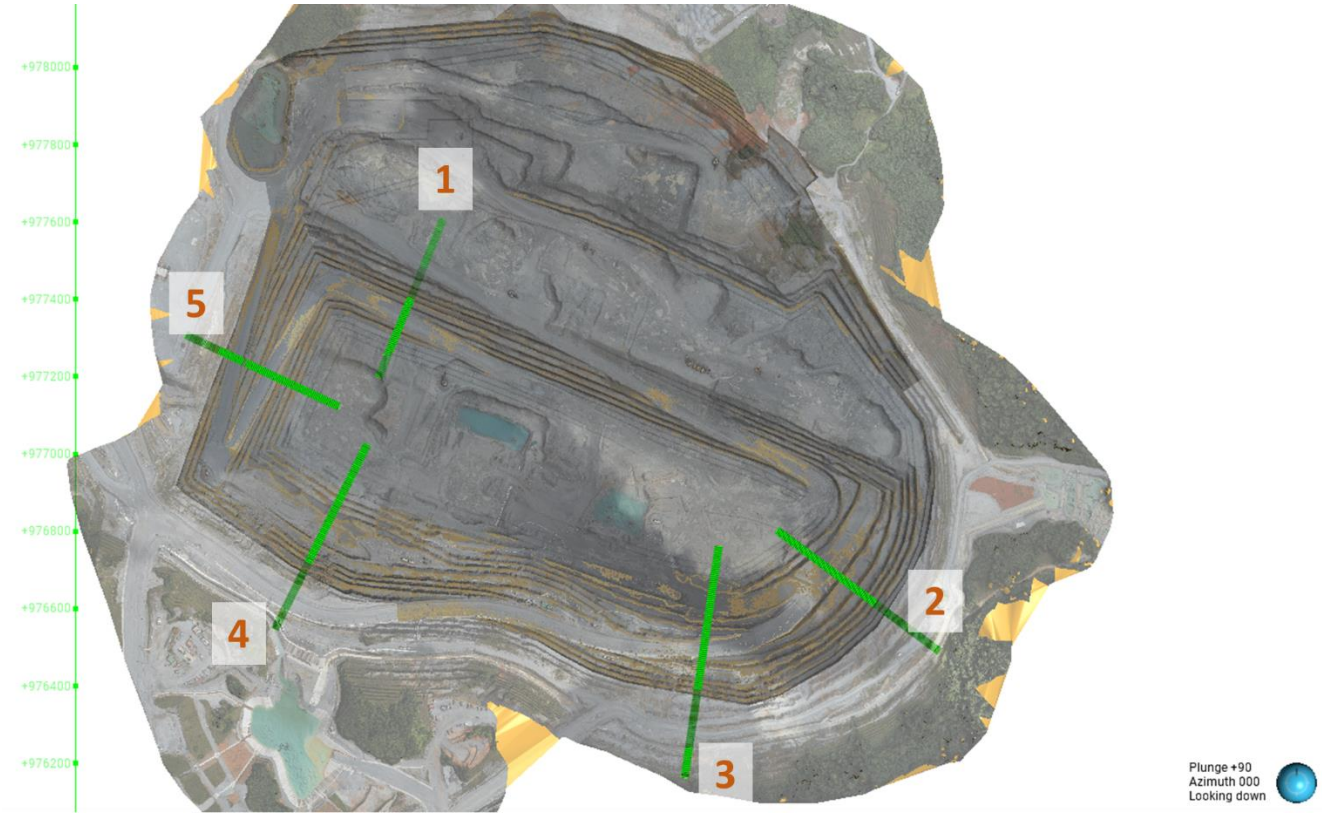
Pit	Sectors	IRA (°)	BFA (°)	Berm Width (m)	Geotech Berm (m)	Stack Height (m)
Botija	N	44	75	10.5	25	90
	NE	46	75	10.5	25	90
	E	36	70	15	25	90
	SE	36	70	15	25	90
	S	42	75	12.5	25	90
	SW	36	70	15	25	60
	W	42	75	12.5	25	90

Sectores Geoténcios del Tajo Botija y tabla de descripción de ángulos entre rampas, ángulo de la cara del banco y ancho de berma.

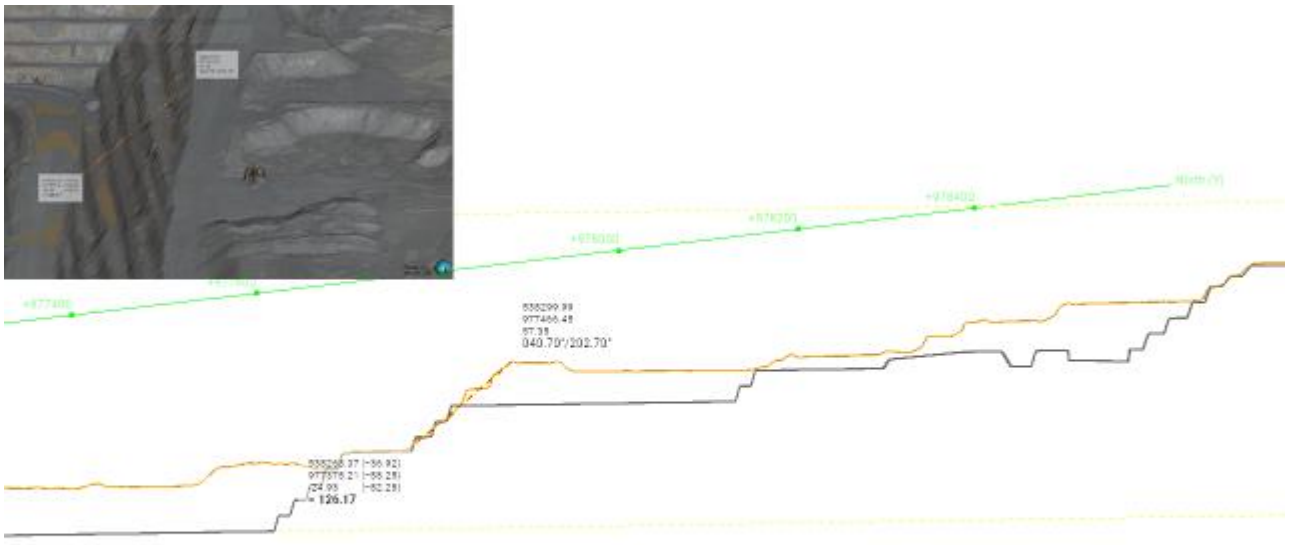


Mapa de Litología de los sectores Geotécnicos del Tajo Botija.

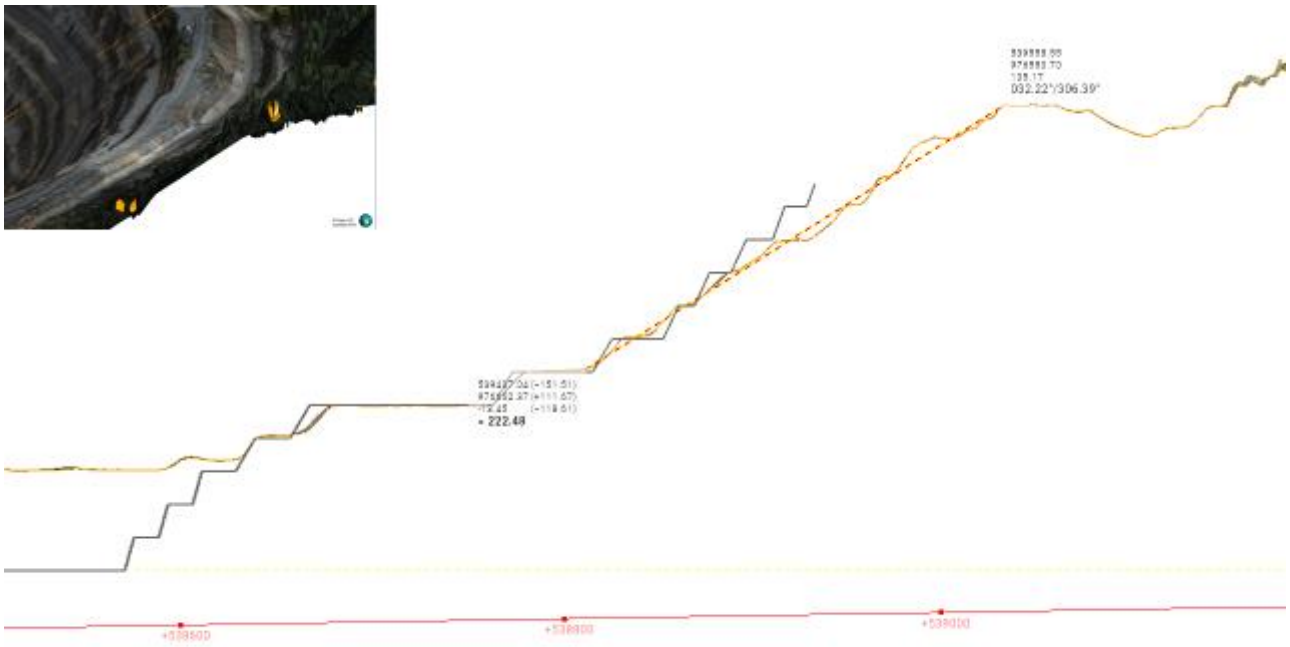
Secciones del Tajo Botija



Secciones transversales del tajo Botija, para comparación de diseño, versus superficie actual.

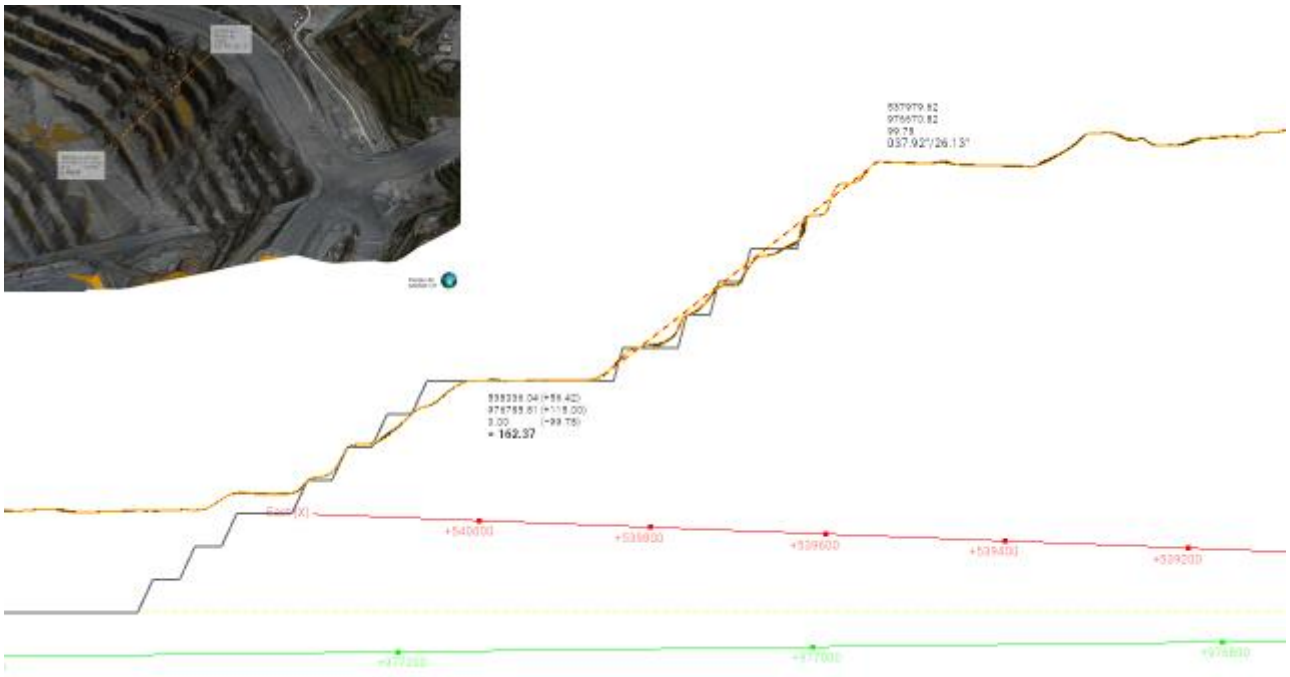


Sección transversal 1. Vista de la porción Norte del tajo Botija.



Sección transversal 2. Vista de la porción Este del tajo Botija.

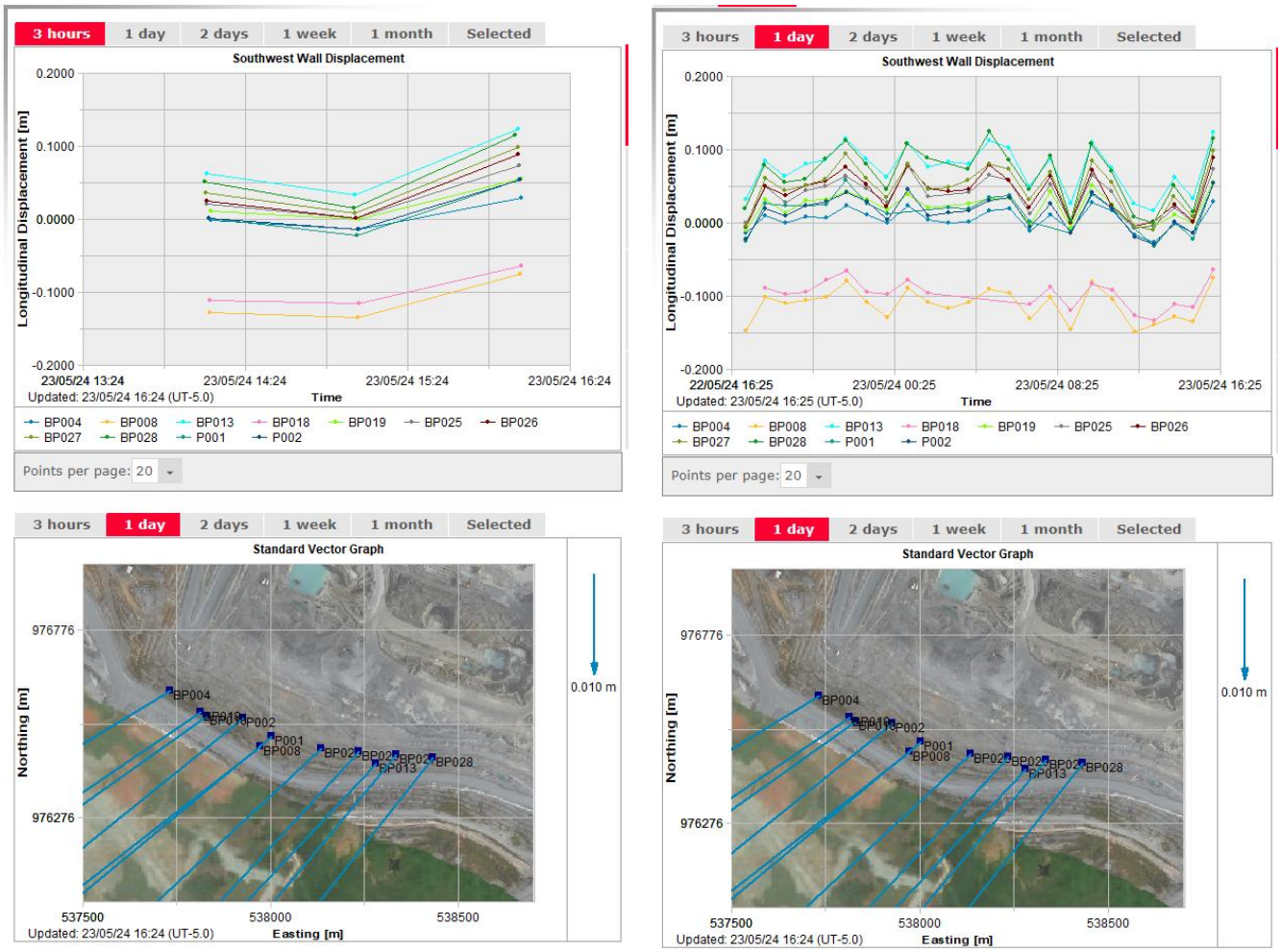
Sección transversal 3. Vista de la porción Sureste del tajo Botija.



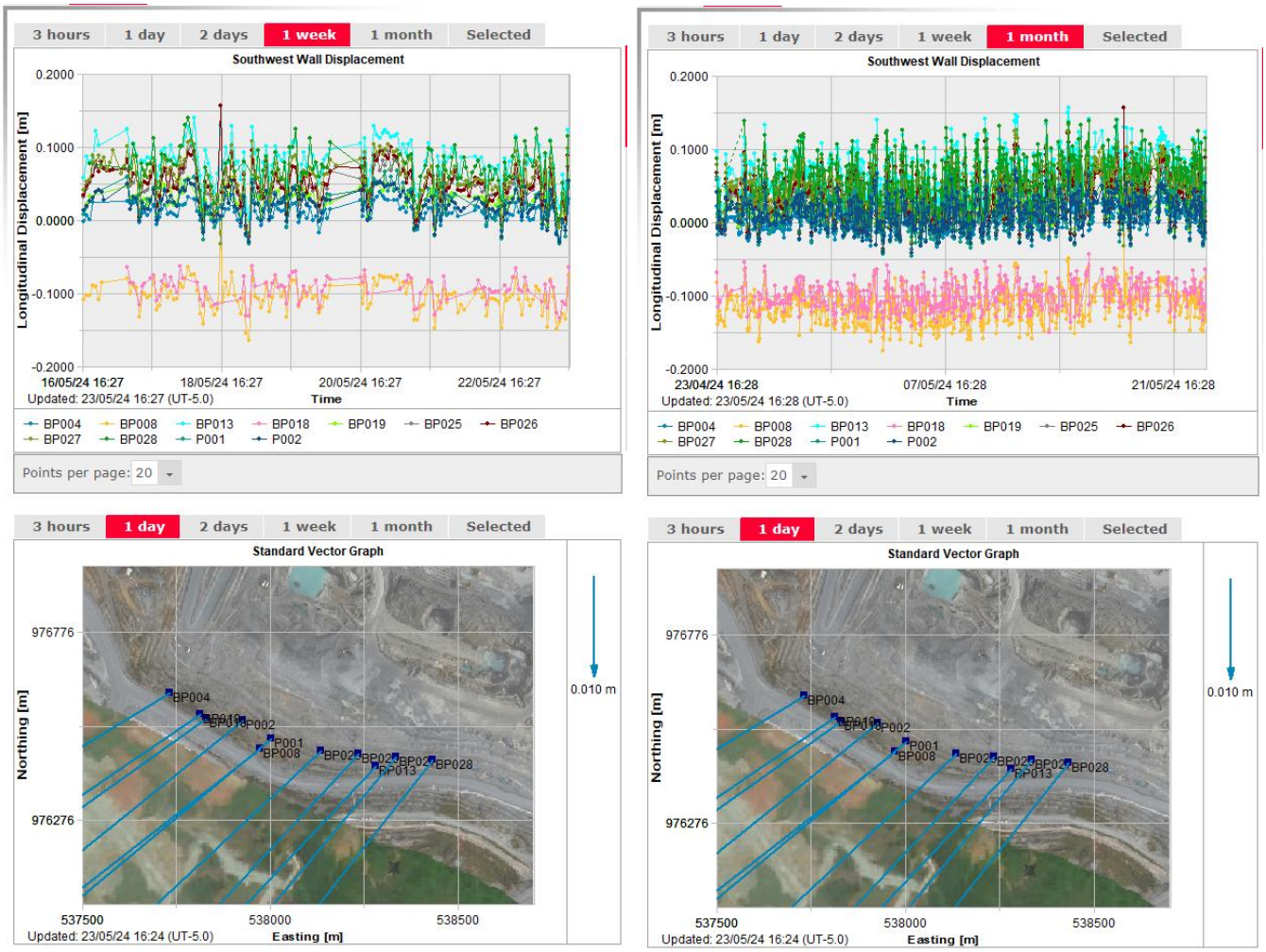
Sección transversal 4. Vista de la porción Suroeste del tajo Botija.

Sección transversal 5. Vista de la porción Oeste del tajo Botija.

Sistema de Monitoreo Geomos



Gráficos disponibles del sistema Geomos, para visualización de datos de desplazamientos de prismas, en periodos de 3 horas y 1 día. Se muestran los vectores de desplazamiento, para ambas frecuencias.



Gráficos disponibles del sistema Geomos, para visualización de datos de desplazamientos de prismas, en periodos de 1 semana y 1 mes. Se muestran los vectores de desplazamiento, para ambas frecuencias.